Auswertung der Sachverständigenprüfung von Röntgeneinrichtungen in den Arztpraxen des Landes Nordrhein-Westfalen

Elisabeth Koziol

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538106_0131

Aus dem Institut und der Klinik für
Medizinische - Strahlenkunde der
Universität Düsseldorf
(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Vieten)

Auswertung der Sachverständigenprüfung von Röntgeneinrichtungen in den Arztpraxen des Landes Nordrhein - Westfalen

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Elisabeth Koziol
1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Arnold

Referent
gez.: Prof. Dr. Günther

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Jungblut

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Die typen- und zahlenmäßige Aufteilung der Röntgeneinrichtungen auf die Arztpraxen im Land Nordrhein - Westfalen	2
III.	Zur Sachverständigenprüfung	5
IV.	Von den Sachverständigen festgestellte Mängel	7
V.	Die Gonadenexposition des Patienten durch die medizinische Anwendung von Röntgenstrahlen	21
VI.	Anteil der durch die Mängel an Röntgeneinrichtungen bedingten Gonadendosen an der Gesamtgonadenexposition	22
VII.	Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich zwischen den Ergebnissen der Sachverständigenprüfung der Krankenhäuser und Arztpraxen	35
	Literaturverzeichnis	38

I. Einleitung

Für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen gilt die Röntgenverordnung (RöV) vom 1. März 1973 /1/.
§ 4 Abs. 1 der RöV schreibt vor, daß der gerätetechnische und bauliche Strahlenschutz aller Röntgeneinrichtungen von Sachverständigen überprüft werden muß. Durch die Anwendung von Röntgenstrahlung in der Diagnostik beträgt die genetisch signifikante Dosis[1] der Bevölkerung der Bundesrepublik 50 mrem pro Jahr, das heißt, mehr als ein Drittel der gesamten natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung[2].

Sprenger /2/ hat für die Anwendung der Röntgenstrahlen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein-Westfalen (NW) nachgewiesen, daß sich dieser Wert durch Abstellung aller bei den Sachverständigenprüfungen festgestellten Mängel - insbesondere an der Vielzahl älterer Geräte - unter der Voraussetzung, daß neue Mängel (z.B. durch Verschleiß und unsachgemäße Bedienung) nicht auftreten und daß alle Strahlenschutzeinrichtungen (z.B. Schutzkleidung) auch tatsächlich benutzt werden, um etwa die Hälfte reduzieren würde. Ziel dieser Arbeit ist es, diese Aussage mit den Verhältnissen in den Arztpraxen (ausgenommen Zahnarztpraxen) des Landes NW zu vergleichen.

Im Land NW existieren etwa 2800 Arztpraxen, in denen Röntgeneinrichtungen betrieben werden. Diese sind seit dem 01.09.73 von fünf verschiedenen Sachverständigeninstitutionen[3] im Rahmen des § 4 Abs. 1 der RöV überprüft worden.

Im folgenden wird über die Ergebnisse dieser Überprüfungen und ihrer Auswirkungen auf die Strahlenexposition von Patienten berichtet.

---

1) Definition in DIN 6814, Bl. 5 /3/

2) Angabe aus dem Jahr 1976 in /4/

3) Technische Überwachungsvereine in Essen, Köln und Hannover sowie behördliche Stellen: Staatl. Materialprüfungsamt Dortmund und Zentralstelle für Sicherheitstechnik Düsseldorf (ZfS)

II. Die typen- und zahlenmäßige Aufteilung der Röntgeneinrichtungen auf die Arztpraxen im Land NW

Die Untersuchungen dieser Arbeit beziehen sich auf 1500 von insgesamt ca. 2800 Arztpraxen bzw. auf 2299 der dort betriebenen Röntgeneinrichtungen. Man kann bei dieser grossen Zahl der untersuchten Praxen davon ausgehen, daß die gewonnenen Ergebnisse auch auf die Gesamtzahl aller Praxen im Land NW übertragbar sind. Im Mittel entfallen 1,5 Röntgeneinrichtungen auf eine Arztpraxis. Ohne Berücksichtigung der rein radiologischen Arztpraxen, die in der Regel eine größere Zahl von Röntgeneinrichtungen betreiben als die Praxen der teilradiologisch tätigen Ärzte, liegt dieser Mittelwert bei 1,2.

Die Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Gerätetypen auf die einzelnen Arztpraxen, die ihrerseits in die verschiedenen Fachrichtungen untergliedert sind. Da in den Prüfberichten der Sachverständigen aber nicht in jedem Fall die Fachrichtung angegeben ist, konnten von den 1500 untersuchten Praxen nur 842 einem Fachgebiet zugeordnet werden. Die Angaben der Tabelle 1 beziehen sich daher nur auf diese 842 Arztpraxen.

In den internistischen Arztpraxen (einschließlich der Lungenfachärzte) befinden sich, bezogen auf die Gesamtzahl der dort befindlichen Röntgeneinrichtungen, 34,3% kombinierte Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräte mit Leuchtschirm und rund 12,5% kombinierte Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräte mit Bildverstärker- Fernsehkette. Stationäre Aufnahmegeräte findet man in diesem Fachbereich zu 23,2%, bezogen auf die Gesamtzahl der dort betriebenen Röntgeneinrichtungen.

Die Praxen der Allgemeinmediziner und der praktischen Ärzte weisen vorwiegend stationäre und mobile Aufnahmegeräte auf (41,5% und 20,2%, bezogen auf die Gesamtzahl der dort betriebenen Röntgeneinrichtungen).

Fachrichtung	Gesamtzahl der untersuchten Arztpraxen einer Fachrichtung	Gesamtzahl der Geräte in den untersuchten Arztpraxen einer Fachrichtung	Durchschnittliche Zahl der Geräte pro Fachrichtung	Anteil der Gerätetypen an der Gesamtzahl der Geräte der jeweiligen Fachrichtung in %												
				Durchleuchtungsgeräte					Aufnahmegeräte						Therapiegeräte	
				mit BV	mit L	kombiniert mit Aufnahmegerät mit BV	kombiniert mit Aufnahmegerät mit L	fahr. (chirg.)BV	st.A	mb.A	CT	url.RU	MA	DEN	OK-T	HT-T
Internist und Facharzt für Lungenheilkunde	318	423	1,3	15,8	13,5	12,5	34,3	-	23,2	0,7	-	-	-	-	-	-
praktischer Arzt und Facharzt für Allgemeinmedizin	80	94	1,2	4,3	12,8	2,1	14,9	4,3	41,5	20,2	-	-	-	-	-	-
Radiologe	97	501	5,2	18,4	2,8	0,8	0,2	0,6	34,9	5,4	0,8	-	15,4	2,8	7,8	10,2
Orthopäde	81	85	1,05	-	-	-	2,4	1,2	87,0	9,4	-	-	-	-	-	-
Urologe	94	118	1,3	0,8	-	-	-	-	18,6	-	-	80,5	-	-	-	-
Dermatologe	60	63	1,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	-
Chirurg	70	99	1,4	2,0	1,0	-	3,0	18,2	63,6	12,1	-	-	-	-	-	-
Gynäkologe	16	16	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0	-	-	-
Facharzt für Hals - Nasen - Ohren	17	18	1,1	-	-	-	-	-	100,0	-	-	-	-	-	-	-

Abkürzungen in der Tabelle:

BV = Bildverstärker-Fernsehkette
L = Leuchtschirm
fahr.(chirg.)BV = fahrbarer(chirurgischer) Bildverstärker
st.A = stationäres Aufnahmegerät
mb.A = mobiles Aufnahmegerät
CT = Computer-Tomograph
url.RU = urologisches Röntgen-Untersuchungsgerät
MA = Mammographiegerät
DEN = dentales Röntgengerät (Zahnaufnahmegerät)
OK-T = Oberflächen-und Körperhöhlentherapiegerät
HT-T = Halbtiefen-und Tiefentherapiegerät

Tab. 1 Angaben über den Anteil der Gerätetypen an der Gesamtzahl der Geräte der jeweiligen Fachrichtung

Ein unterschiedliches Bild in bezug auf die Gerätetypen ergibt sich für die rein radiologischen Arztpraxen. 34,9% der von Radiologen betriebenen Röntgeneinrichtungen sind stationäre Aufnahmegeräte, 18,4% Durchleuchtungsgeräte mit Bildverstärker-Fernsehkette, 15,4% Mammographiegeräte und 10,2% konventionelle Tiefentherapiegeräte. Durchleuchtungsgeräte mit Leuchtschirm wurden in diesen Praxen kaum registriert (2,8%)!

Orthopäden besitzen fast ausschließlich stationäre Aufnahmegeräte (87,0%), während in den Praxen der Urologen überwiegend spezielle Geräte zur Untersuchung der Harnorgane ("Urologische Röntgen-Untersuchungsgeräte") vorzufinden sind (80,5%).

In den Praxen der Chirurgen liegt der Schwerpunkt auf stationären Aufnahmegeräten (63,6). Darüber hinaus findet man dort einen relativ hohen Anteil an fahrbaren Bildverstärkergeräten (13,2%).

Dermatologen, Gynäkologen und HNO-Ärzte verfügen jeweils zu 100% über fachspezifische Röntgeneinrichtungen wie Oberflächentherapie-, Mammographie- und spezielle Aufnahmegeräte für die Hals- Nasen- Ohren- Diagnostik (meistens Schädel-Aufnahmegeräte).

Einige der überprüften Arztpraxen besitzen zwar Schichtzusätze für ihre Aufnahmegeräte, reine Schichtaufnahmegeräte sind dagegen - im Gegensatz zu den Krankenhäusern - selten. Schichtaufnahmen werden fast überwiegend von Radiologen angefertigt.

III. Zur Sachverständigenprüfung

Ein Kriterium für den genehmigungsfreien Betrieb einer Röntgeneinrichtung (§ 4 RöV) ist das Vorliegen einer Bauartzulassung für den Röntgenstrahler[1] nach § 7 ff RöV. Durch die Bauartzulassung wird garantiert, daß die durch Gehäusedurchstrahlung bedingte Ortsdosisleitung in 1 m Entfernung vom Fokus bestimmte, in der Anlage I der RöV festgelegte Weite (z.B. 100 mR/h für Diagnostikstrahler) nicht überschreitet.

Im Rahmen des Anzeigeverfahrens nach § 4 RöV wird in Abs. 1 eine Prüfung durch einen Sachverständigen verlangt. Das Genehmigungsverfahren nach § 3 RöV schreibt dies zwar explizit nicht vor, jedoch fordert in der Regel die Genehmigungsbehörde ebenfalls eine Sachverständigenprüfung.

Die Richtlinie, für die praktische Durchführung der Sachverständigenuntersuchung /5/ soll ein einheitliches Vorgehen aller Sachverständigen in der Bundesrepublik sichern. Grundlage dieser Richtlinie, die in letzter Zeit mehrere Veränderungen erfahren hat, bilden, was die medizinische Anwendung von Röntgenstrahlen betrifft, im wesentlichen die DIN 6811, 6812, 6813 und 6815 /6,7,8,9/. Aufgabe des Sachverständigen ist die Überprüfung des baulichen und gerätetechnischen Strahlenschutzes, sowie die Überprüfung der Schutzkleidung für Patient bzw. Personal, der Kennzeichnungen von Kontrollbereichen und der Durchführung der Personendosimetrie.

Die bei der Überprüfung festgestellten Mängel werden - entsprechend ihrer Gewichtigkeit bezüglich des Strahlenschutzes - in drei Kategorien (Kat.) eingeteilt:

+ Kat.I - hohe Strahlenschutzrelevanz,
+ Kat.II - mittlere Strahlenschutzrelevanz,
+ Kat.III - niedrige Strahlenschutzrelevanz.

---

1) Röntgenstrahler = Röntgenröhre + Röntgenhaube

Diese drei Mängelkategorien lösen unterschiedliche Konsequenzen für den Betreiber der Röntgenanlage aus:

+ Bei Vorliegen der Mängelkategorie I ist eine Überprüfung zu wiederholen,
+ bei Vorliegen der Mängelkategorie II ist vom Betreiber eine schriftliche Bestätigung über die Beseitigung der Mängel nachzureichen,
+ bei Mängelkategorie III wird die Prüfbescheinigung ungeachtet dieser Mängel erteilt. Die Mängel der Kategorie III müssen selbstverständlich ebenfalls abgestellt werden.

IV. Von den Sachverständigen festgestellte Mängel

Die Überprüfung der Röntgeneinrichtungen wird von den fünf bereits genannten Sachverständigen durchgeführt. Sie werden hier nur mit den Ziffern 1 bis 5 bezeichnet.

In der Tabelle 2 (Seite 8) sind signifikante Unterschiede im Vorgehen der einzelnen Sachverständigen zu erkennen:

Von allen Sachverständigen wurden zwar im Durchschnitt pro Gerät 1,3 Mängel festgestellt, bezogen auf die einzelnen Sachverständigen schwanken diese Angaben allerdings zwischen o,4 und 2,3.

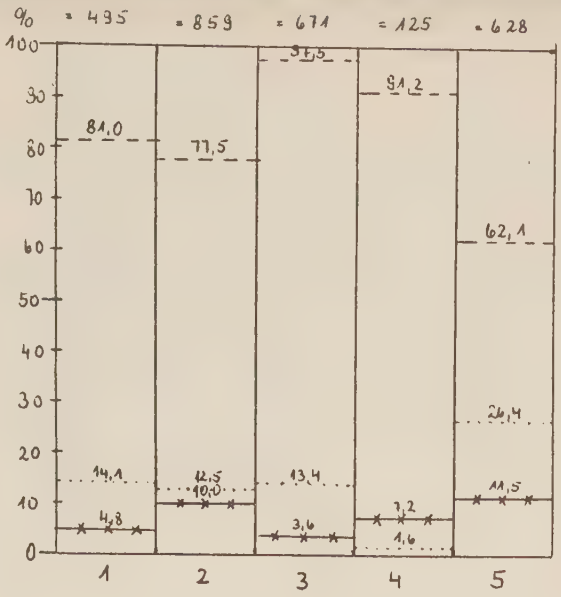
Die Gesamtheit der Mängel setzt sich überwiegend folgendermaßen zusammen:

+ im Bereich der organisatorisch-administrativen Mängel
  1. fehlende oder mangelhafte Patientenschutzkleidung,
  2. nicht durchgeführte Personendosimetrie,
  3. fehlende Kennzeichnung des Kontrollbereichs.

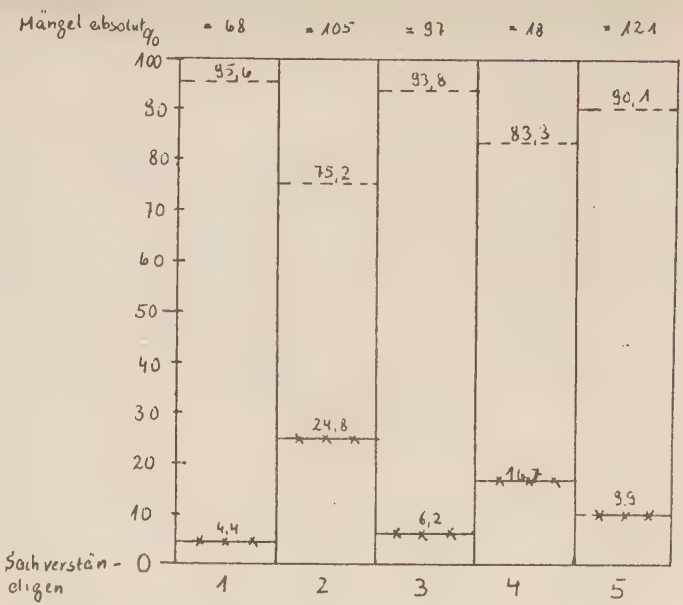
(siehe Tabelle 4)

Sachverständiger	Zahl der untersuchten Geräte	Anteil der untersuchten Geräte, die bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung hatten (in% der insgesamt untersuchten Geräte)	Zahl der pro Gerät festgestellten Mängel der Kategorien I, II und III	Zahl der nicht abgestellten Mängel pro Gerät, das bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung hatte (Mängel der Kategorien I und II)
1	373	5,6	1,3	3,2
2	544	5,5	1,6	3,5
3	287	15,3	2,3	2,2
4	293	3,8	0,4	1,6
5	802	7,2	0,8	2,1

Tab. 2 Vergleich der Zahl der Geräte und der Häufigkeit der festgestellten Mängel bei den fünf Sachverständigen nach der RöV des Landes Nordrhein-Westfalen



Anteil der Mängelkategorien an der Gesamtzahl aller Mängel (in %)



Anteil der Mängelkategorien an der Gesamtzahl der bis zum 31.10.79 nicht abgestellten Mängel (in %)

Zeichenerklärung: ×—×—× : MK I
– – – : MK II
. . . : MK III
MK = Mängelkategorie

+ im Bereich der gerätetechnischen Mängel

a) Durchleuchtungsgeräte:

	Geräte[1] Angaben in %				
	DL mit BV	DL mit L	komb. DL+AE mit BV	komb. DL+AE mit L	fahrbare (chirurg.) BV
1. nicht ausreichende Gesamtfilterung (Kat. II)	3,3	10,7	3,4	3,2	15,2
2. vor dem Einschalten fehlende Erkennbarkeit der Blendeneinstellung (offen/geschlossen) (Kat. II)	13,2	14,6	6,9	11,5	-
3. fehlende Durchleuchtungsanzeige am Arbeitsplatz oder fehlender Tastschalter für Durchleuchtung (Kat. II)	8,8	10,2	10,3	9,0	4,3
4. keine Kontrolle der Einschaltzeit durch Zeitmesser (Kat. II)	9,9	9,2	10,3	15,4	37,0
5. fehlende oder mangelhafte Schutzzonen (Kat. II)	4,4	5,8	1,7	3,9	-
(Kat. I)	18,4	11,2	10,3	8,5	2,2

---

1) Abkürzungen in der Tabelle:

DL mit BV = Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker- Fernsehkette

DL mit L = Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm

komb. DL + AE mit BV = kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Bildverstärker und Fernsehkette

komb. DL + AE mit L = kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Leuchtschirm

fahrbare (chirurg.) BV = fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker

b) Aufnahmegeräte:

	Geräte[1]			Angaben in %	
	St.A	mb.A	url.RU	Aufnahmeteil der komb. DL+AE mit BV	Aufnahmeteil der komb. DL+AE mit L
1. nicht ausreichende Gesamtfilterung (Kat. II)	12,3	10,0	4,8	siehe Durchleuchtg.	
2. Durchleuchtungsmöglichkeit vom Schaltpult aus (Kat. II)	37,4	25,0	38,1	3,4	7,8
3. nicht ausreichende Übereinstimmung von Strahlen- und Lichtvisierfeld (Kat. II)	21,0	17,5	28,6	12,1	8,9

Mammographiegeräte weisen in dieser Hinsicht wenige Mängel, die vier überprüften Computer-Tomographen keine Mängel auf.

Eine zahlenmäßig untergeordnete Rolle spielen dabei folgende gerätetechnische Mängel:

a) bei den Durchleuchtungsgeräten:

1. radioaktive Leuchtfarben vorhanden
2. bei Durchleuchtung Röhrenspannung und Röhrenstromstärke nicht ständig erkennbar,
3. Einstellung der Funktion der automatischen Formateinblendung für Zielaufnahmen und Bildverstärker nicht in Ordnung,
4. keine Halterung für Zusatzfilter
5. die Blende des Durchleuchtungsgerätes kann nicht so eingestellt werden, daß die kleinste Blendenöffnung $\leq 5 \times 5\ mm^2$ ist,
6. fehlende Typen- und Bauartzulassungsnummer am Röntgenstrahler

---

1) Abkürzungen in der Tabelle:

St.A = stationäre Aufnahmegeräte
mb.A = mobile Aufnahmegeräte
url.RU = urologische Röntgenuntersuchungsgeräte

b) bei den Aufnahmegeräten:

1. Lichtvisierblende oder geeignete Tubusse nicht vorhanden bzw. defekt,
2. Röhrenspannung nicht erkennbar oder bei fester Einstellung nicht erkennbar angegeben,
3. Röhrenstrom und Belichtungszeit bzw. Elektrizitätsmenge nicht erkennbar oder Belichtung automatisch oder bei fester Einstellung Röhrenstrom nicht erkennbar angegeben,
4. fehlende Vorrichtungen für den Einschub von Zusatzfiltern,
5. fehlende Typen- und Bauartzulassungsnummer am Röntgenstrahler.

Signifikante Unterschiede zeigen sich bei den einzelnen Sachverständigen auch bei der Zahl der nicht abgestellten Mängel pro Gerät, für das bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung vorlag. Der Gesamtdurchschnitt liegt für diese Gruppe der Röntgengeräte bei 2,5 nicht abgestellte Mängel pro Gerät. Die entsprechenden Werte bei den einzelnen Prüfstellen schwanken zwischen 1,6 und 3,5 Mängeln pro Gerät (siehe Tabelle 2). Daraus folgt, daß Geräte, deren Mängel bis zum 31.10.79 noch nicht abgestellt waren, vom Standpunkt des Strahlenschutzes bedenklicher beurteilt werden müssen als alle überprüften Geräte in ihrer Gesamtheit. Dies wird darauf zurückzuführen sein, daß Mängel in größerer Zahl an einer möglicherweise älteren Röntgeneinrichtung sowohl seitens der Lieferfirma (z.B. Ersatzteile) als auch seitens des Betreibers (z.B. wegen hoher Kosten) nur zögernd beseitigt werden.

Der prozentuale Anteil der Geräte, die bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung aufwiesen, fällt für den einzelnen Sachverständigen unterschiedlich aus (vgl. Tabelle 2). Hier reicht der Schwankungsbereich von 3,8% bei dem Sachverständigen 4 bis zu 15,3% bei dem Sachverständigen 3. Die übrigen drei Prüfstellen liegen mit 5,5%, 5,6% und 7,2% in der Grössenordnung des Sachverständigen 4. Läßt man den extrem hohen Wert des Sachverständigen 3 (15,3%)außer acht, so ergibt sich hinsichtlich der übrigen Sachverständigen ein Durchschnittswert von 5,5%. Der hohe Wert des Sachverständigen 3 ist teil-

weise dadurch zu erklären, daß die tatsächlich ausgestellten Bescheinigungen nicht alle an die behördlich festgesetzte zentrale Sammelstelle (Zentralstelle für Sicherheitstechnik) geschickt worden sind.

Von den 2.999 in dieser Arbeit untersuchten Röntgeneinrichtungen, die seit dem Inkrafttreten der RöV (September 73) in den Arztpraxen von Sachverständigen überprüft worden sind, hatten 164 Einrichtungen (≙ 7,1%) bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung im Sinne des § 4 Abs. 1 RöV. Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Gesamtzahl der Geräte auf die einzelnen Gerätetypen, sowie den prozentualen Anteil der jeweils bis zum 31.10.79 noch ohne Bescheinigung gebliebenen Geräte.

Insgesamt wurden an diesen 2.999 Röntgeneinrichtungen 2.778 Mängel festgestellt. Davon entfielen 215 Mängel auf die Kategorie I (hohe Strahlenschutzrelevanz), 2.128 Mängel auf die Kategorie II (mittlere Strahlenschutzrelevanz) und 435 Mängel auf die Kategorie III (geringe Strahlenschutzrelevanz).

Bis zum 31.10.79 waren 50 (≙ 23,3%) der 215 Mängel der Kategorie I und 359 (≙ 16,9%) der 2.128 Mängel der Kategorie II noch nicht beseitigt. Diese schon seit längerer Zeit festgestellten und noch bestehenden Mängel bedingen eine unnötige, überhöhte Strahlenexposition des Patienten und des Personals.

Die Mängel lassen sich in folgende große Bereiche unterteilen:

a) organisatorisch-administrative Mängel
(Grundlage: RöV, Richtlinien, DIN 6813),

b) Mängel bezüglich der Bauartzulassung
(Grundlage: §§ 7 ff RöV),

c) Mängel bezüglich des baulichen Strahlenschutzes
(Grundlage: DIN 6812),

d) gerätetechnische Mängel
(Grundlage: DIN 6811).

Die Tabelle 4 (Seite 15) gibt eine Übersicht über die prozentuale Verteilung der verschiedenen Mängel auf die einzelnen radiologischen Arbeitsplätze. Die Werte in dieser Tabelle geben an, wie groß der prozentuale Anteil des einzelnen

Gerätetyp	Gesamtzahl der überprüften Geräte	Anteil der Geräte, die am 31.10.79 noch keine Bescheinigung hatten in % der überprüften Geräte
Durchleuchtungsgeräte mit Bildverstärker-Fernsehkette	251	4,8
Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm	165	12,1
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Bildverstärker und Fernsehkette	125	4,0
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Leuchtschirm	358	11,2
fahrbarer Bildverstärker (chirurgischer Bildverstärker)	37	24,3
stationärer Aufnahmearbeitsplatz[1)]	871	4,9
mobiler Aufnahmeplatz	113	9,7
Computer-Tomograph	4	0,0
urologisches Röntgenuntersuchungsgerät	100	6,0
Mammographiegerät	101	2,0
dentales Röntgengerät	18	5,6
Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät	105	6,7
Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät	51	15,7

1) Schichtgeräte sind in der Gruppe der stationären Aufnahmearbeitsplätze enthalten

Tab.3: Gesamtzahl der einzelnen Gerätetypen in Arztpraxen des Landes Nordrhein-Westfalen und deren Anteil, die bis zum 31.10.79 noch keine Bescheinigung hatten.

Gerätetyp	Mängel (Angaben in %)							
	Patienten - schutzkleidung	Personal - schutzkleidung	Personen - dosimetrie	Kennzeich - nungen	Bauart - zulassung	baulicher Strahlenschutz	gerätetechnische Mängel der Kategorie I	gerätetechnische Mängel der Kategorie II
Durchleuchtungsgerät mit BV	10,0	4,8	21,9	16,7	0,8	3,6	1,6	36,2
Durchleuchtungsgerät mit L	13,9	12,1	18,8	23,0	3,0	4,2	7,3	124,8
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit BV	12,8	4,0	24,8	12,8	-	4,8	0,8	46,4
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit L	19,8	8,9	14,8	24,0	-	9,2	6,4	157,5
fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker	8,1	8,1	13,5	29,7	2,7	8,1	5,4	124,3
stationäres Aufnahmegerät	11,6	1,7	5,5	13,2	0,9	5,5	0,1	35,6
mobiles Aufnahmegerät	13,3	4,4	8,8	14,2	-	0,9	0,9	35,4
Computer - Tomograph	-	-	-	-	-	-	-	-
urologisches Röntgen - Untersuchungsgerät	11,0	4,0	15,0	20,0	-	3,0	-	21,0
Mammographiegerät	4,0	-	2,0	10,9	4,0	1,0	-	9,0
dentales Röntgengerät (Zahnaufnahmegerät)	22,2	-	-	-	-	-	11,1	33,3
OK - T	3,8	2,8	16,2	15,2	-	11,4	7,6	18,1
HT - T	3,9	-	5,9	17,6	-	17,6	88,2[1]	37,2

Abkürzungen in der Tabelle:
BV = Bildverstärker - Fernsehkette
L = Leuchtschirm
OK - T = Oberflächen - und Körperhöhlentherapiegerät
HT - T = Halbtiefen - und Tiefentherapiegerät

[1] Mängel an Türkontakten enthalten

Tab. 4 Angaben über die Verteilung der Mängel auf die Gerätetypen

Gerätetyps an dem jeweiligen Mangel ist. Eine Angabe von mehr als 100% in der Spalte "gerätetechnische Mängel" bedeutet, daß in diesem Fall, statistisch gesehen, jedes Gerät des betroffenen Typs mehr als einen Mangel aufweist bzw. daß die Zahl der Mängel dieser Mängelgruppe höher ist als die Zahl der Geräte dieses Gerätetyps. Dabei ist hier unter dem Begriff "Mängelgruppe" die Zusammenfassung der aufgeführten gerätetechnischen Mängel auf den Seiten 10 und 11 zu verstehen.

In den nachfolgenden Betrachtungen werden die Zahn-Röntgengeräte und die Computer-Tomographen nicht berücksichtigt, weil die in dieser Arbeit untersuchten Arztpraxen insgesamt nur 18 Zahn-Röntgengeräte und vier Computer-Tomographen betrieben.

a) Zu den organisatorisch - administrativen Mängeln

Im Bereich der organisatorisch - administrativen Mängel sind die Mängel "Patientenschutzkleidung", "Personalschutzkleidung", "Personendosimetrie" und "Kennzeichnung des Kontrollbereichs" enthalten. Bezüglich der Strahlenschutzrelevanz sind diese Mängel offiziell nach der Richtlinie /5/ mit Ausnahme der Personaldosimetrie (Kategorie III) in die Mängelkategorie II eingeordnet.

In der Spalte "Patientenschutzkleidung" fällt der relativ hohe Wert von 19,8% bei den kombinierten Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräten mit Leuchtschirm auf. Ähnliches gilt für die konventionellen Durchleuchtungsgeräte mit Leuchtschirm (13,9%).

Auf die strahlenschutztechnische Bedeutung der Personalschutzkleidung und der Personendosimetrie wird in diesem Zusammenhang nicht eingegangen, weil eventuelle Mängel auf diesem Gebiet nicht die Exposition der Patienten, sondern nur diejenige beruflich strahlenexponierter Personen, deren Zahl aber im Vergleich zu Krankenhäusern /2/ relativ gering ist, beeinflussen.

Fehlende oder nicht ausreichende Kennzeichnung des Kontrollbereichs wurde bei allen Gerätetypen häufig beobachtet.

Der Durchschnittswert liegt bei 18,3% (ohne Zahn-Röntgengeräte und Computertomographen). Viele Ärzte haben wohl den Eindruck, daß diese Vorschrift (§ 15 Abs. 1 RöV) keine große Bedeutung für den Strahlenschutz besitzt.

b) Zu den Mängeln bezüglich der Bauartzulassung

Unregelmäßigkeiten im Zusammenhang mit der Bauartzulassung des Röntgenstrahlers (Mangel der Kategorie II) treten in den Arztpraxen nur selten auf. In der Regel sorgen die Herstellerfirmen dafür, daß diese Vorschrift der RöV eingehalten wird. In den Krankenhäusern wurde dieser Mangel häufiger beobachtet /2/, was durch die dort üblichen organisatorischen Verhältnisse (Trennung zwischen strahlenschutzverantwortlichem Betreiber, repräsentiert meist durch die Verwaltung, und dem für die Leitung oder Beaufsichtigung des Röntgenbetriebes bestellten Verantwortlichen) erklärt werden kann.

c) Zu den Mängeln hinsichtlich des Strahlenschutzes

Insbesondere fahrbare Geräte, kombinierte Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräte mit Leuchtschirm sowie Tiefentherapiegeräte fallen in der Spalte "baulicher Strahlenschutz" (Mängelkategorie I) mit höheren Werten auf (Tabelle 4). Bei den fahrbaren Geräten handelt es sich im wesentlichen um chirurgische Bildverstärker und Oberflächentherapiegeräte. Für die erstgenannten liegt die Mängelquote bei 8,1% bzw. 11,4%, für die kombinierten Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräte mit Leuchtschirm bei 9,2% und für die Tiefentherapiegeräte bei 17,6%.

Oft wird von den Ärzten, insbesondere von Chirurgen und Dermatologen, die Höhe der Dosisleistung in der Nutz-, vor allem aber in der Streustrahlung unterschätzt und damit bauliche Strahlenschutzmaßnahmen als unnötig angesehen. Hohe Dosisleistungen, kombiniert mit Strahlenqualitäten großer Durchdringungsfähigkeit (Röhrenspannungen bis zu 300 kV) haben zur Folge, daß bei Tiefentherapiegeräten ein effektiver baulicher Strahlenschutz technisch schwieriger zu gestalten ist als in anderen Bereichen medizinisch genutzter Röntgenstrahlen.

d) Zu den gerätetechnischen Mängeln

Die gerätetechnischen Mängel werden gemäß ihrer Vielfalt und Gewichtigkeit in drei Kategorien (I, II, III) eingeteilt. Die Mängelkategorie III wird in dieser Arbeit aber außer acht gelassen, weil sie für den Strahlenschutz nur eine sehr geringe Bedeutung hat. Bezüglich der Mängel der Kat. I und II weisen wiederum die Durchleuchtungsgeräte mit Leuchtschirm mit 7,3% (Kat. I) bzw 124,8% (Kat. II), die kombinierten Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräte mit Leuchtschirm mit 6,4% (Kat. I) bzw. 157,5% (Kat. II) sowie die fahrbaren (chirurgischen) Bildverstärker mit 5,4% (Kat. I) bzw. 124,3% (Kat. II) wesentlich höhere Werte auf als die übrigen Gerätetypen.

Damit deutet sich an, daß Geräte mit technisch älterer Ausstattung, d.h. Leuchtschirmgeräte, im Gegensatz zu moderneren Geräten mit Bildverstärker-Fernsehkette höhere Mängelzahlen aufweisen.

Besonders zahlreich sind die Kat. I - Mängel auch bei konventionellen Tiefentherapiegeräten (88,2%). Ein großer Teil dieser Mängel ist auf mangelhafte Türkontakte zurückzuführen. Häufig handelt es sich auch hier um Geräte älterer Bauart. Folgende Mängel werden an Türkontakten, die nur bei konventionellen Tiefentherapiegeräten, d.h. bei Geräten mit über 100 kV einstellbaren Röhrenspannungen, gefordert werden, festgestellt:

+ Türkontakte waren gar nicht vorhanden.
+ Sie waren zwar vorhanden, funktionierten aber nicht ordnungsgemäß.
+ Sie waren zwar vorhanden, entsprachen aber nicht den VDE - Vorschriften.

Aus diesen Ergebnissen kann man schließen, daß unnötige und überhöhte Strahlenexpositionen besonders bei den dem Stand der Technik nicht mehr entsprechenden Leuchtschirmgeräten, bei fahrbaren (chirurgischen) Bildverstärkern und bei konventionellen Tiefentherapiegeräten appliziert worden sind.

Die Tabelle 5 (Seite 19) faßt die Einzelheiten im Zusammenhang mit den nicht abgestellten Mängeln zusammen.

Gerätetyp	nicht abgestellte Mängel (Angaben in absoluten Zahlen)							
	Patienten - schutzkleidung	Personal - schutzkleidung	Personen - dosimetrie[1]	Kennzeich - nungen	Bauart - zulassungen	baulicher Strahlenschutz	gerätetechnische Mängel der Kategorie I	II
Durchleuchtungsgerät mit BV	1	-		2	-	-	-	10
Durchleuchtungsgerät mit L	5	7		10	1	2	2	43
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit BV	2	2		1	-	-	-	7
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit L	10	3		12	-	7	4	96
fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker	1	1		4	-	1	1	15
stationäres Aufnahmegerät	12	2		18	1	8	-	39
mobiles Aufnahmegerät	2	-		2	-	-	-	10
Computer - Tomograph	-	-		-	-	-	-	-
urologisches Röntgen - Untersuchungsgerät	1	1		3	-	-	-	7
Mammographiegerät	-	-		1	1	-	-	1
dentales Röntgengerät (Zahnaufnahmegerät)	1	-		-	-	-	-	-
OK - T	1	2		3	-	3	1	7
HT - T	1	-		1	-	4	17[2]	1

[1] Die Personendosimetrie kann nicht ausgewertet werden, da dieser Mangel der Kategorie III angehört

[2] Mängel an Türkontakten enthalten

Abkürzungen in der Tabelle:

BV = Bildverstärker - Fernsehkette
L = Leuchtschirm
OK - T = Oberflächen - und Körperhöhlentherapiegerät
HT - T = Halbtiefen - und Tiefentherapiegerät

Tab. 5 Angaben über die Verteilung der nicht abgestellten Mängel auf die Gerätetypen

Auffällig ist die hohe Zahl nicht abgestellter gerätetechnischer Mängel der Kategorie I bei konventionellen Tiefentherapiegeräten. Hier sind von 45 Mängeln 17 nicht behoben worden. Von diesen 17 nicht abgestellten Mängeln entfielen neun auf den Mangel fehlender oder mangelhafter Türkontakt. Gemäß der schwindenden Bedeutung der konventionellen Tiefentherapie und der damit verbundenen stark reduzierten Einschaltzeiten, scheint die strahlenschutztechnische Notwendigkeit von Türkontakten bei einigen Betreibern nicht mehr sehr bewußt zu sein.

Die restlichen nicht abgestellten Mängel der Kat. I verteilen sich gleichmäßig auf folgende Mängel:

+ fehlende Blockierung von Strahlenrichtungen für die die Nutzstrahlabschirmung nicht ausreichend ist,
+ Filterwert am Schaltpult nicht erkennbar,

Weiterhin ist ein hoher Anteil nicht abgestellter gerätetechnischer Mängel der Kat. II an fahrbaren (chirurgischen) Bildverstärkern festzustellen (von 46 Mängeln waren 15 nicht behoben). Eine Begründung dafür dürfte in der nicht sehr positiven Einstellung der Chirurgen zum Strahlenschutz zu finden sein.

Weiterhin sind noch die relativ hohen Zahlen an nicht abgestellten Mängeln bei den Durchleuchtungsgeräten mit Leuchtschirm, bei den kombinierten Durchleuchtungs- und Aufnahmegeräten sowie bei den mobilen Aufnahmegeräten zu erwähnen, meistens Geräte älterer Bauart, deren Mängelabstellung

+ dem Betreiber finanziell zu aufwendig und daher nicht lohnend und/oder
+ der Herstellerfirma mangels passender Ersatzteile technisch schwierig oder sogar unmöglich

erscheint.

V. Die Gonadenexposition des Patienten durch die medizinische Anwendung von Röntgenstrahlen

Berufliche Strahlenexposition ist in der Regel bei Arbeiten mit dem konventionellen Durchleuchtungsgerät nicht zu erwarten /10/. Anders dagegen ist die Situation bei in Arztpraxen selten durchgeführten Spezialuntersuchungen wie angiographische, insbesondere auch neuroradiologische Untersuchungen, Untersuchungen der Harnorgane mit Angiographien und intraoperative Röntgenuntersuchungen. Daher ist in den Arztpraxen - im Gegensatz zu den Krankenhäusern - die Zahl der beruflich strahlenexponierten Personen[1] sehr gering. In dieser Arbeit wird deshalb nur auf die Strahlenexposition des Patienten eingegangen.

In der RöV sind für den Patienten keine Höchstdosen festgelegt, wie dies für das Personal der Fall ist. Der Gesetzgeber wollte durch eine Festlegung dieser Art das Arzt-Patienten - Verhältnis nicht beeinflussen. Die einzige Ausnahme bildet die höchstzulässige Dosis an der Leibesfrucht[2]. Allerdings existieren verschiedene Vorschriften ("Anwendung von Röntgenstrahlen auf den Menschen", §§ 20 - 29 RöV), die eine möglichst geringe Strahlenexposition des Patienten (durch Feldbegrenzung, Abdeckung, Anwendungsbeschränkung etc.) zum Ziel haben.

Speziell fordert § 23 Abs. 1 explizit den Schutz der Keimdrüsen und damit indirekt einen möglichst geringen Wert der genetisch signifikanten Dosis (GSD)[3]. Die GSD stellt ein Maß für die Gonadenexposition des Patienten dar. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, beträgt die in der Bundesrepublik durch röntgendiagnostische Maßnahmen bedingte GSD 50 mrem pro Jahr.

---

1) Beruflich strahlenexponierte Personen sind solche, deren Körperdosis (Äquivalentdosis) 1,5 rem (15 mJ/kg) pro Jahr übersteigen kann.

2) Nach § 27 Abs. 3 RöV darf während der ersten beiden Schwangerschaftsmonate an der Leibesfrucht eine Äquivalentdosis von 1 rem (10 mJ/kg) nur bei vitaler Indikation überschritten werden.

3) Definition in DIN 6814 Blatt 5 /3/

Um zu einem Maß für die gesamte Strahlenexposition des Patienten zu gelangen, müßten neben der Gonadendosis auch die Dosen strahlenschutzrelevanter Organe wie das rote Knochenmark, die Lunge, die Schilddrüse und die weibliche Brust berücksichtigt werden /11/. In dieser Arbeit wird allerdings nur die Auswirkung der Sachverständigenprüfung auf die Grössenordnung der GSD untersucht.

Ausgangswert für die folgenden Ausführungen ist die mittlere Gonadendosis des Patienten, repräsentiert durch eine GSD von 50 mrem pro Jahr.

VI. Anteil der durch Mängel an Röntgeneinrichtungen bedingten Gonadendosen an der Gesamtgonadenexposition

Die Tabelle 6 (Seite 23) gibt eine qualitative Übersicht über die Auswirkung der einzelnen Mängel auf die Gonadenexposition des Patienten (vgl. auch Tabelle 4, Seite 15). Es folgen einige Erläuterungen zum besseren Verständnis der Tabelle:

Mangel lfd. Nr. 1:

Die Bauartzulassung für den Röntgenstrahler ist ein nach § 4 RöV eine der Voraussetzungen für den genehmigungsfreien Betrieb von Röntgeneinrichtungen und ihr Nichtvorhandensein kann nicht als ein Mangel im Sinne der übrigen gewertet werden. Liegt die Bauartzulassung nicht vor, so muß der Betrieb der Röntgeneinrichtung nach § 3 RöV genehmigt werden. Eine Mehrexposition des Patienten ist in der Regel mit diesem Verfahren nicht verbunden, so daß Verstöße gegen §§ 7 ff RöV als formale, verwaltungstechnische Mängel zu betrachten sind. So stellt zum Beispiel das Fehlen eines Bauartzulassungsscheines für einen an sich bauartgeprüften Röntgenstrahler schon einen Mangel dar, der in der Tabelle unter 1. aufgeführt ist. Eine Mehrexposition für den Patien-

Lfd. Nr.	Mängel	Mängelkategorie	durch die Mängel bedingte Mehrexposition für Patienten
1.	Verstöße gegen §§ 7 ff RöV (Bauartzulassung)	II	(+)
2.	mangelhafter oder fehlender baulicher Strahlenschutz	I	(+)
3.	mangelhafter oder fehlender geräte -	I	+
4.	technischer Strahlenschutz	II	+
5.	mangelhafte oder fehlende Patientenschutzkleidung	II	+
6.	mangelhafte oder fehlende Personenschutzkleidung	II	-
7.	Verstöße gegen § 40 RöV ("Personendosimetrie")	III	-
8.	Verstöße gegen § 15 Abs. 1 RöV ("Kennzeichnungen")	II	(+)

+ : relevante Mehrexposition

(+) : mögliche in der Regel geringe Mehrexposition

- : keine Mehrexposition

Tab. 6: Qualitative Auswirkung von Mängeln auf durch sie bedingte Mehrexpositionen für Patienten

ten kann nur dann entstehen, wenn die durch Gehäusedurchlaßstrahlung bedingte Ortsdosisleistung, deren Höchstwerte in der Anlage I zur RöV festgelegt sind, bei einem nicht bauartzugelassenen Röntgenstrahler zu hoch ausfallen sollte.

Mangel lfd. Nr. 2:

Baulicher Strahlenschutz wird in der Regel zwischen Kontroll- und Überwachungsbereich[1] errichtet. Maßnahmen dieser Art betreffen das Personal des Strahlenbetriebes, das sich vorwiegend im Überwachungsbereich aufhält. Der Patient kann zum Beispiel infolge nicht abgeschirmter Türen zum Sprech- und Behandlungszimmer bzw. zur Umkleidekabine betroffen sein.

Mängel lfd. Nr. 3 und 4:

Diese Mängel haben für die Strahlenexposition des Patienten die größte Bedeutung. Die technische Ausstattung und strahlenschutzrelevante Teile am Röntgengerät selbst, wie Einrichtungen zur Festlegung der Strahlenqualität (Röhrenspannung, Gesamtfilterung), das Streustrahlenraster, Hilfsmittel zur Feldbegrenzung sowie zur sachgemäßen Belichtung bzw. Entwicklung, beeinflussen geräteseitig die Höhe der applizierten Dosen in entscheidendem Maße[2].

Mangel lfd. Nr. 5:

Die Strahlenexposition des Patienten kann durch entsprechende Schutzeinrichtungen (z.B. Halbschürzen, Hodenkapseln, Ovarialprotektoren) in vielen Fällen deutlich reduziert werden[3].

Mängel lfd. Nr. 6 und 7:

Diese beiden Mängel haben keine Bedeutung für den Patienten.

Mangel lfd. Nr. 8:

Die Kennzeichnung des Kontrollbereichs kann insofern wichtig für den Patienten sein, als in Unkenntnis der räumli-

---

1) Definition des Kontroll- und Überwachungsbereiches: § 15 Abs. 1 und 2 RöV

2) Literatur: /12/

3) Literatur: /13/

chen Verhältnisse die Möglichkeit besteht, daß er versehentlich einen Röntgenraum bei eingeschaltetem Röntgenstrahler betritt. In diesem Fall ist für ihn eine Strahlenexposition durch Streustrahlung gegeben. Außerdem muß der Arzt möglicherweise eine komplizierte Untersuchung unterbrechen, was für den betroffenen Patienten ebenfalls zusätzliche Expositionen bedeuten kann.

Die Tabelle 7 zeigt qualitativ die mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition für den Patienten, das heißt, es werden für die einzelnen Röntgeneinrichtungen in den Arztpraxen gemäß ihrer gerätespezifischen Eigenschaften in bezug auf den Strahlenschutz die durch Mängel bedingten Mehrexpositionen für Patienten angegeben (Faktor $\bar{x}$).

Lfd. Nr.	Mängel		Verhältnis der Gonadendosis infolge eines vorliegenden Mangels zu derjenigen an einem Röntgengerät ohne Mangel (Faktor $\bar{x}$, $\bar{x}$ = 1 heißt: keine Mehrexposition durch den betreffenden Mangel)						
			DL mit BV (in Klammern DL mit L falls vom DL mit BV abweichend)	komb. DL+AE mit BV (in Klammern komb. DL+AE mit L falls vom DL+AE mit BV abweichend)	fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker	OK-T (in Klammern HT-T falls vom OK-T abweichend)	mobile Aufnahmegeräte	St.A einschließlich Schichtaufnahme- und urologisches- Röntgen- Untersuchungsgerät	Mammographiegerät
1.	Bauartzulassung		1	1	1	1	1	1	1
2.	baulicher Strahlenschutz		1,1	1,1	1	1,1	1	1,1	1,1
3.	gerätetechnische Mängel	Kat.I	3 (4)	3 (3,5)	3	2 (4)	3	3	1
4.		Kat.II	2 (2,5)	2 (2,3)	2	1,5 (2)	2	2	1
5.	Patientenschutzkleidung		2	5	2	2 (5)	10	10	1,1
8.	Kennzeichnungen		1,1	1,1	1	1	1	1,1	1,1

Bemerkung: Die Mängel 6 und 7 (Personalschutzkleidung und Personendosimetrie) werden hier außer acht gelassen, da sie für den Patienten keine Mehrexposition bedeuten.

Abkürzungen in der Tabelle: DL = Durchleuchtungsgerät
BV = Bildverstärker-Fernsehkette
L = Leuchtschirm
St.A = stationäres Aufnahmegerät
komb. DL+AE = kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät
OK-T = Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät
HT-T = Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät

Tab.: 7 Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition bei den verschiedenen Gerätetypen in bezug auf Patienten

Ein in der Tabelle aufgeführter Faktor $\bar{x} = 1$ sagt aus, daß durch diesen Mangel bedingte Mehrexpositionen von höchstens 1% vorliegen. Der Faktor $\bar{x} = 1{,}1$ steht für eine Mehrexposition von höchstens 10%. Ein Faktor von $\bar{x} = 10$ besagt, daß die Mehrexposition an einer Röntgeneinrichtung infolge vorliegenden Mangels 10mal so hoch ist wie im mangelfreien Zustand.

Nachfolgend soll begründet werden, welche Überlegungen zu den Größenordnungen der in Tabelle 7 genannten Faktoren geführt haben.

a) Durchleuchtungsgeräte, fahrbare (chirurgische) Bildverstärker

Die Patienten werden fast ausschließlich von den Auswirkungen der Mängel 3 und 4 (gerätetechnische Mängel) bzw. 5 (Patientenschutzkleidung) betroffen. Ziemlich pauschal wird das Fehlen von Schutzkleidung mit einem Faktor 10 bewertet, da DIN 6813 (/14/) den Schwächungsgrad von 0,4 mm Pb - Gleichwert für 150 kV mit 8 (durchgelassene Strahlung in % der auffallenden Strahlung) angibt. Allerdings muß hierzu bemerkt werden, daß dieser Faktor oft nicht in vollem Maße zum Tragen kommt, da der Gebrauch von Patientenschutzkleidung in vielen Fällen bei Röntgenuntersuchungen aus untersuchungstechnischen Gründen entweder unzweckmäßig ist oder ihre optimale Schutzwirkung nicht voll ausgenutzt werden kann (/13/).

b) Oberflächen- bzw. Körperhöhlentherapie- und Halbtiefen- bzw. Tiefentherapiegeräte

Auch hier bestimmen Mängel am gerätetechnischen Strahlenschutz und an der Patientenschutzkleidung die Überexposition des Patienten. Höhere Röhrenspannungen und damit höhere Anteile schwer absorbierbarer, härterer Strahlen in der konventionellen Tiefentherapie erschweren die Gesamtsituation in der Form, daß sich festgestellte Mängel hier in höheren Patientendosen manifestieren als beispielsweise in Oberflächen- bzw. Körperhöhlentherapie.

c) mobile und stationäre Aufnahmegeräte, urologische Röntgenuntersuchungsgeräte und Mammographiegeräte

Zu hohe Patientenexpositionen entstehen bei Röntgen-Aufnahmegeräten hauptsächlich durch Mängel an den Einrichtungen zur Feldeinstellung (z.B. Tiefenblende, Lichtvisier). In diesem Bereich wiederum ist der häufigste Mangel die Nichtübereinstimmung zwischen Lichtvisier- und Röntgenstrahlenfeld. Ebenso liefert einen bedeutenden Beitrag zu den vermeidbaren Patientendosen unzureichende bzw. fehlende Patientenschutzkleidung. Allerdings hat dieser Mangel bei Mammographien keinen wesentlichen Einfluß auf die Größenordnung der Ovardosis (/15/).

In den vorangehenden Ausführungen bezüglich der quantitativen Angaben zu den erhöhten Gonadenexpositionen (Faktor $\bar{x}$) wurden bisher weder die Gesamtzahl der überprüften Geräte eines Typs noch die Häufigkeit der festgestellten Mängel berücksichtigt. Mit Hilfe der Gleichung (1) ist dies möglich (Faktor x).

$$x = \frac{GG - \frac{GG}{GM} \cdot M + \bar{x} \cdot \frac{GG}{GM} \cdot M}{GG} \qquad (1)$$

Dabei ist:

GG = Gesamtzahl der überprüften Geräte des jeweiligen Typs (Tabelle 3)

GM = Gesamtzahl der festgestellten Mängel an dem Gerätetyp (berechnet nach Tabelle 4)

M = Zahl der festgestellten Mängel einer bestimmten Mängelgruppe (Tabelle 4)

$\frac{GG}{GM} \cdot M$ = Zahl der Geräte eines Typs mit einer bestimmten Mängelgruppe

Der Faktor x in Gleichung (1) ist so gewählt, daß er gleich 1 wird, wenn die betreffenden Mängel zu keiner Mehrexposition führen ($\bar{x} = 1$) oder wenn die Zahl der festgestellten Mängel eines bestimmten Mangels M = 0 wird.

Nach Umformung der Gleichung (1) erhält man:

$$x = 1 + \frac{M}{GM} (\bar{x} - 1) \qquad (2)$$

Die Tabelle 8 gibt die Faktoren x für die einzelnen Mängel der Patienten an, wobei jeweils das Produkt aus allen Faktoren einer Spalte für den betreffenden Gerätetyp die mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition im Verhältnis zu der Exposition an Geräten ohne Mängel ausdrückt. Dieses Produkt ($\hat{=}$ Faktor X), das mit bzw. ohne Berücksichtigung der Auswirkung von mangelhafter oder fehlender Schutzkleidung, befindet sich in Tabelle 9 für die jeweiligen Gerätetypen. Die Unterscheidung zwischen mangelhafter oder fehlender und vorschriftsmäßig verwandter Patientenschutzkleidung ist insofern zweckmäßig, als oft entsprechende Schutzkleidung in den Röntgenräumen zwar vorhanden ist, aber nicht benutzt wird.

Aus dem Produkt der Gonadendosis einer Untersuchung mit einem bestimmten Gerätetyp (A bis K), der jährlichen Untersuchungsfrequenz an einem bestimmten Gerätetyp (Z_A bis Z_K) und dem Faktor X für einen bestimmten Gerätetyp (X_A bis X_K) ergibt sich die untersuchungs- und mängelbedingte Gonadendosis, appliziert an einem bestimmten Gerätetyp. Die Summe dieser Gesamtgonadendosen für die einzelnen Gerätetypen, dividiert durch die Zahl der exponierten Patienten (Z.e.Pat.), ist proportional zu der mittleren Gonadenexposition eines Patienten. Diese wird hier identisch gesetzt mit der genetisch signifikanten Dosis von 50 mrem pro Jahr. Dabei kann man davon ausgehen, daß diese Dosisangabe, für die Bundesrepublik aus dem Jahre 1976 stammend, auch noch die mängelbedingten Mehrexpositionen enthält, da mit den Auswirkungen der Überprüfungen durch den Sachverständigen zu dieser Zeit noch nicht zu rechnen war.

Lfd. Nr.	Mängel		Verhältnis der Gonadendosis infolge eines vorliegenden Mangels zu derjenigen an einem Röntgengerät ohne Mangel (Faktor x)						
			DL mit BV (in Klammern DL mit L falls vom DL mit BV abweichend)	komb. DL+AE mit BV (in Klammern komb. DL+AE mit L falls vom DL+AE mit BV abweichend)	fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker	OK-T (in Klammern HT-T falls vom OK-T abweichend)	mobile Aufnahmegeräte	St.A einschließlich Schichtaufnahme- und urologisches- Röntgenuntersuchungsgerät	Mammographiegerät
1.	Bauartzulassung		1	1	1	1	1	1	1
2.	baulicher Strahlenschutz		1	1	1	1,02 (1,01)	1	1,01	1
3.	gerätetechnische-Mängel	Kat.I	1,03 (1,11)	1,02 (1,06)	1,05	1,10 (2,55)	1,02	1	1
4.		Kat.II	1,38 (1,90)	1,44 (1,85)	1,62	1,12 (1,22)	1,45	1,46	1
5.	Patientenschutzkleidung		1,10 (1,07)	1,48 (1,33)	1,04	1,05 (1,09)	2,53	2,4	1,01
8.	Kennzeichnungen		1,02 (1,01)	1,01	1	1	1	1,02	1,04

Bemerkung: Die Mängel 6 und 7 (Personalschutzkleidung und Personendosimetrie) werden hier außer acht gelassen , da sie für den Patienten keine Mehrexposition bedeuten.

Abkürzungen in der Tabelle: DL = Durchleuchtungsgerät
BV = Bildverstärker-Fernsehkette
L = Leuchtschirm
St.A = stationäres Aufnahmegerät
komb. DL+AE = kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät
OK-T = Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät
HT-T = Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät

Tab.: 8 Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition bei den verschiedenen Gerätetypen unter Berücksichtigung der Gesamtzahl der Geräte und der Häufigkeit von Mängeln bezogen auf Patienten

Gerätetyp	Mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition im Verhältnis zu der Exposition an einem Röntgengerät ohne Mängel bezogen auf Patienten (Faktor X)	
	mit Schutzkleidung	ohne Schutzkleidung
Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker-Fernsehkette	1,59	1,45
Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm	2,28	2,13
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Bildverstärker-Fernsehkette	2,20	1,48
kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Leuchtschirm	2,63	1,98
fahrbarer (chirurgischer) Bildverstärker	1,77	1,70
Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät	1,32	1,26
Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät	3,42	3,14
mobiles Aufnahmegerät	3,74	1,48
stationäres Aufnahmegerät einschließlich urologisches Röntgen- Untersuchungsgerät und Schichtaufnahmegerät	3,61	1,50
Mammographiegerät	1,05	1,04

Tab.: 9 Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition für Patienten

Hieraus folgt für den Patienten:

$$\frac{A \cdot Z_A \cdot X_A + B \cdot Z_B \cdot X_B + \ldots + K \cdot Z_K \cdot X_K}{\text{Z.e.Pat.}} \sim \frac{I}{\text{Z.e.Pat.}} \qquad (3)$$

$$\sim 50 \text{ mrem/a}$$

Der Wert von 50 mrem pro Jahr müßte sich nach Abstellung aller von den Sachverständigen festgestellten Mängel (alle Faktoren X_A bis $X_K = 1$) auf einen bestimmten Wert (G_{Pat}/a) reduzieren:

$$\frac{A \cdot Z_A + B \cdot Z_B + \ldots + K \cdot Z_K}{\text{Z.e.Pat.}} = \frac{II}{\text{Z.e.Pat.}} \sim G_{Pat}/a \qquad (4)$$

Dabei gibt G_{Pat}/a die mittlere Gonadendosis für den Patienten an, die nach Beseitigung aller festgestellten Mängel noch vorhanden ist[1)]. Zur abkürzenden Schreibweise werden die Zähler der Gleichungen (3) und (4) mit I und II bezeichnet. Diese sind in Tabelle 10 zusammengefaßt, allerdings nicht als absolute Werte, sondern es wurden alle mittleren Gonadendosen und Untersuchungsfrequenzen für die einzelnen Gerätetypen in Relation zu den entsprechenden Werten an einem Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker-Fernsehkette gesetzt. In diesem Sinne stellen die Spalten 4 und 5 die in den Gleichungen (4) und (3) definierten Faktoren II und I dar.

---

1) Bei Untersuchungen mit Leuchtschirmen (DL-Geräte werden zwar etwa 4mal so hohe Gonadendosen wie bei den Durchleuchtungsgeräten mit Bildverstärker-Fernsehkette erzeugt (/16/). Da erstere jedoch hauptsächlich bei Thoraxuntersuchungen, die eine relativ niedrige Gonadendosis erzeugen, eingesetzt werden, kann im Mittel eine gleich hohe Einschätzung der relativen mittleren Gonadendosis an diesen beiden Geräten angenommen weren.

So ergibt sich aus den Zahlen in der Tabelle 10 und mit den Gleichungen (3) und (4) die relative mittlere Gonadendosis für den Patienten nach Abstellung aller Mängel:

a) unter Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung

$$G_{Pat}/a = \frac{50 \text{ mrem/a} \cdot 11{,}284 \text{ A} \cdot Z_A}{27{,}984 \text{ A} \cdot Z_A} = 20{,}2 \text{ mrem/a}$$

b) ohne Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung

$$G_{Pat}/a = \frac{50 \text{ mrem/a} \cdot 11{,}284 \text{ A} \cdot Z_A}{19{,}174} = 29{,}4 \text{ mrem/a}$$

Gerätetyp	Patienten				
	relative mittlere Gonadendosis	relative mittlere Zahl der Untersuchungen pro Jahr	Produkt aus 2 und 3	Produkt aus 4 und Faktor X (aus Tab. 12)	
				mit Schutzkleidung	ohne Schutzkleidung
1	2	3	4	5	
DL+BV	A = 1 A	$Z_A = 1\ Z_A$	1 A.Z_A	1,59 A.Z_A	1,45 A.Z_A
DL+L	B = 1 A	$Z_B = \frac{1}{2}\ Z_A$	0,5 A.Z_A	1,14 A.Z_A	1,06 A.Z_A
komb. DL+ AE mit BV	C = 1 A	$Z_C = 5\ Z_A$	5 A.Z_A	11,0 A.Z_A	7,4 A.Z_A
komb. DL+ AE mit L	D = 1 A	$Z_D = 2{,}5 Z_A$	2,5 A.Z_A	6,58 A.Z_A	4,95 A.Z_A
fahrb. BV (chirurg.)	E = 2 A	$Z_E = \frac{1}{8}\ Z_A$	0,25 A.Z_A	0,44 A.Z_A	0,43 A.Z_A
OK-T	F = $\frac{1}{10}$ A	$Z_F = \frac{1}{10}\ Z_A$	0,01 A.Z_A	0,03 A.Z_A	0,03 A.Z_A
HT-T	G = 5 A	$Z_G = \frac{1}{10}\ Z_A$	0,5 A.Z_A	1,71 A.Z_A	1,57 A.Z_A
mb.A	H = $\frac{1}{5}$ A	$Z_H = \frac{1}{10}\ Z_A$	0,02 A.Z_A	0,07 A.Z_A	0,03 A.Z_A
St.A einschließl. Schicht- und url.RU	I = 1,5A	$Z_I = 10\ Z_A$	15 A.Z_A	54,2 A.Z_A	22,5 A.Z_A
MA	K = $\frac{1}{50}$ A	$Z_K = \frac{1}{5}\ Z_A$	0,004 A.Z_A	0,004 A.Z_A	0,004 A.Z_A
			Faktor II $\mathcal{E}$ = 24,784 A.Z_A	Faktor I $\mathcal{E}$ = 76,764 A.Z_A	$\mathcal{E}$ = 39,424 A.Z_A

Abkürzungen in der Tabelle:

DL+BV = Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker-Fernsehkette

DL+L = Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm

komb. DL+ AE mit BV = kombiniertes Durchleuchtungs- und Aufnahmegerät mit Bildverstärker-Fernsehkette

St.A = stationäres Aufnahmegerät

url.RU = urologisches Röntgen-Untersuchungsgerät

komb. DL+ AE mit L = kombiniertes Durchleuchtung und Aufnahmegerät mit Leuchtschirm

fahrb.BV (chirurg.) = fahrbarer (chirurgischer Bildverstärker

OK-T = Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät

HT-T = Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät

MA = Mammographiegerät

Tab.10 Zusammenstellung der Faktoren I und II aus den Gleichungen 3 und 4

VII. Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich zwischen den Ergebnissen der Sachverständigenprüfungen in Krankenhäusern und in Arztpraxen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurde von Sprenger /2/ gezeigt, daß sich für die Patienten in den Krankenhäusern des Landes NRW die mittlere Gonadendosis nach Abstellung aller in den Prüfberichten der Sachverständigen aufgeführten Mängel unter Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung von 50 auf 21,5 mrem pro Jahr und ohne Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung auf 31,7 mrem pro Jahr senken läßt.

Gleiche Tendenzen weist die hier vorliegende Arbeit in den Arztpraxen des Landes NRW nach. Die genetisch signifikante Gonadendosis der Bevölkerung der Bundesrepublik (50 mrem/a) könnte bei Abstellung aller Mängel unter Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung auf 20,2 mrem/a und ohne Berücksichtigung der Auswirkung von Schutzkleidung auf 29,4 mrem/a vermindert werden.

Es wurde aber bereits erwähnt, daß 164 ($\hat{=}$ 7,1%) von 2.299 in dieser Arbeit ausgewerteten Geräten bis zum 31.10.1979 noch keine Bescheinigung hatten und die entsprechenden Mängel zu diesem Zeitpunkt wohl noch nicht behoben waren. Daher und wegen des möglichen Auftretens anderer Mängel, zum Beispiel durch Verschleiß oder durch unsachgemäßen Umgang mit dem Röntgengerät, dürfte die hier abgeschätzte Reduktion der genetisch signifikanten Dosis um ca. 50% ein zunächst theoretisches, immerhin anzustrebendes Ziel sein.

Es war das Ziel der Arbeit von Sprenger /2/, anzugeben, um welche Größenordnung sich die GSD bei der Anwendung von Röntgenstrahlen in den Krankenhäusern des Landes NRW nach Abstellung aller von den Sachverständigen im Rahmen der Überprüfungen nach § 4 Abs. 1 RöV festgestellten Mängel reduzieren läßt. Das Ziel dieser hier vorgelegten Arbeit war es, die entsprechende Größenordnung für die Arztpraxen des Landes NRW herauszufinden. Die diesbezüglichen Angaben sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11	Übersicht über die mittleren Gonadendosen der Patienten nach Abstellung aller Mängel	
	Krankenhaus (Sprenger /2/)	Arztpraxen
mit Schutzkleidung	21,5 mrem/a	20,2 mrem/a
ohne Schutzkleidung	31,7 mrem/a	29,4 mrem/a

Die Werte in der Tabelle 11 für Krankenhäuser und Arztpraxen sind der Größenordnung nach nahezu identisch. Dieses Ergebnis überrascht zunächst insofern, als in den Arztpraxen Spezialuntersuchungen, die mit verhältnismäßig hohen Patientenexpositionen verbunden sind (z.B. angiographische, insbesondere auch neuroradiologische Untersuchungen) praktisch nicht durchgeführt werden. Man entnimmt allerdings aus Tabelle 11 in /2/, daß alle "dosisrelevanten" Untersuchungen und Behandlungen mit vergleichsweise geringen Frequenzen in die Rechnung eingehen und daher nicht sehr ins Gewicht fallen. Es war daher in 1. Näherung berechtigt, sowohl für Krankenhäuser als auch für Arztpraxen von identischer genetisch signifikanter Dosis (50 mrem/a) auszugehen.

Da Spezialgeräte - in Krankenhäusern zwar wesentlich häufiger anzutreffen als in Arztpraxen - zahlenmäßig im Vergleich zu den Röntgengeräten für Routineuntersuchungen (konventionelle Durchleuchtungsgeräte, Aufnahmegeräte) hier wie dort aber keine große Rolle spielen, werden sich auch die mängelbedingten Mehrexpositionen pro Person der Bevölkerung nur in einem bescheidenen Rahmen auswirken.

Tabelle 4 ("Verteilung der Mängelgruppen auf die Gerätetypen") in /2/ gibt für Krankenhäuser wie die entsprechende Tabelle 4 der hier vorgelegten Arbeit für Arztpraxen ähnliche Werte an für folgende strahlenschutzrelevante Mängel:

1. baulicher Strahlenschutz
2. gerätetechnische Mängel der Kategorien I und II
3. Patientenschutz

Dagegen sind die für den Strahlenschutz weniger bedeutsamen

Mängel "Bauartzulassung" und "Kennzeichnung" in den Arztpraxen nicht so häufig vertreten.

Da die Erhebungen dieser Arbeit gezeigt haben, daß an den in Krankenhäusern und in Arztpraxen am häufigsten eingesetzten Röntgeneinrichtungen quantitativ und qualitativ eine vergleichbare Mängelstruktur vorherrscht, darf die Übereinstimmung der mängelbedingten Mehrexpositionen zwischen beiden Bereichen nicht verwundern.

Fazit:

Sowohl die Arbeit von Sprenger /2/ als auch die hier vorgelegte zeigen, daß die nach § 4 Abs. 1 RöV erforderlichen Sachverständigenprüfungen zu einer deutlichen Reduktion der genetisch signifikanten Dosis der Bevölkerung beigetragen haben - und zwar für Krankenhäuser und Arztpraxen in vergleichbarer Größenordnung.

Literaturverzeichnis

/1/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung - RöV), Bundesgesetzblatt (BGBl. I S. 173) (1973)

/2/ Sprenger, D.: Auswertung der Sachverständigenprüfungen von Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes NW, Med. Diss.-Arbeit, Uni Düsseldorf in Zusammenarbeit mit ZfS (1979)

/3/ DIN 6814: Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik; Bl. 3: Dosisgrößen und Dosiseinheiten, Beuth-Verlag, Berlin Köln (1972)

/4/ Stephan, G.: Genetisches Risiko durch röntgendiagnostische Maßnahmen? Fortschr. Röntgenstr. 132.3 (1980) 336 - 342

/5/ Richtlinien für Strahlenschutzprüfungen nach § 4 Abs. 1 der RöV, 1. Bek. des BMJFG und des BMA vom 2.1.1974, Bundesgesundheitsblatt 10 - 11 (1974)

/6/ DIN 6811: Medizinische Röntgeneinrichtungen bis 300 kV; Strahlenschutzregeln für die Herstellung, Beuth-Verlag, Berlin Köln (1972)

/7/ DIN 6812: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV; Strahlenschutz für die Errichtung, Beuth-Verlag, Berlin Köln (1976)

/8/ DIN 6813: Strahlenschutzzubehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlen bis 300 kV; Regeln für die Herstellung und Benutzung, Entwurf (1977)

/9/ DIN 6815: Strahlenschutzprüfung in medizinischen Röntgenbetrieben Teil 2 Sept. 78, Beuth-Verlag, Berlin Köln

/10/ Ewen, K.; F. Stender: Warum liegt bei röntgendiagnostischen Untersuchungen eine berufliche Strahlenexposition vor? Röntgenblätter 33.3 (1980) 119 - 128

/11/ Ewen, K., H. Steiner, R. Jungblut, D. Günther W.D. Schopper: Die Bestimmungen von Organdosen bei Röntgenaufnahmen und computertomographischen Untersuchungen sowie die Berechnung der somatisch signifikanten Dosisindizes. Fortschr. Röntgenstr. (in Druck)

/12/ Frik, W.: Strahlenschutz in der medizinischen Röntgenologie, Strahlenschutz in Forschung und Praxis Band 2 (1963) 274 - 293

/13/ Vallo, G.: Die Reduzierung der Gonadenexposition durch Patientenschutzkleidung bei röntgendiagnostischen Maßnahmen Med. Diss.-Arbeit, Uni Düsseldorf (1979)

/14/ Entwurf zur DIN 6813 (Juni 1977) Strahlenschutzzubehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlen bis 300 kV; Regeln für die Herstellung und Benutzung, Beuth-Verlag,Berlin Köln

/15/ Kainberger, F., W. Kallinger: Dosismessungen bei der Mammographie, Strahlenschutz in Forschung und Praxis 18 (1977) 104 - 110

/16/ Gebauer, A., J. Lissner, O. Schott: Das Röntgenfernsehen 6. Thieme-Verlag, Stuttgart, S. 10

Lebenslauf

Gebohren 03.10.1955 in Pritzwalk
Beruf des Vaters: Pastor
Beruf der Mutter: Hausfrau
Polytechnische Oberschule von 1962 bis 1974 in Ostberlin
Von 1975 bis 1978 Medizinstudium in Hamburg
Seit September 1978 Weiterführung des Medizinstudiums an der Universität Düsseldorf

FOTODRUCK J. MAINZ — Telefon: (02 41) 2 73 05
Neupforte 13, Nähe Markt, 5100 Aachen